

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- BLURRY OR ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLATED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY DARK BLACK AND WHITE PHOTOS
- UNDECIPHERABLE GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **08-234063**
 (43)Date of publication of application : **13.09.1996**

(51)Int.CI. **G02B 6/42**
G02B 6/32
G02B 6/34
H01L 31/0232
H01S 3/18
H04B 10/24

(21)Application number : **07-348836** (71)Applicant : **SONY CORP**
 (22)Date of filing : **19.12.1995** (72)Inventor : **TANAKA KIYOTSUGU**
OZAKI TAKASHI

(30)Priority

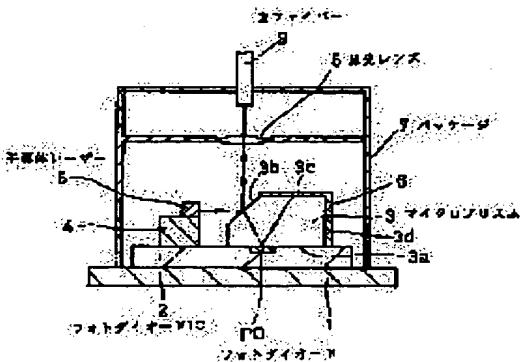
Priority number : **06334382** Priority date : **19.12.1994** Priority country : **JP**

(54) SIGNAL TRANSMISSION AND RECEPTION OPTICAL MODULE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a signal transmission and reception optical module which allows miniaturization and has excellent environmental resistance, resistance to a change with lapse of time, noise resistance, mass productivity, etc.

CONSTITUTION: A microprism 3 and a photodiode IC 2 mounted with an LOP chip mounted with a semiconductor laser 5 on a photodiode 4 is mounted on a ceramic substrate 1 formed with input/output lines and is sealed by a package 7. A condenser lens 8 is mounted at the package 7 and an optical fiber 9 is connected thereto. The signal light emitted from the semiconductor laser 5 is reflected by a reflection surface 3b of the microprism 3 and is made incident on the end face of the optical fiber 9. The signal light emitted from the end face of the optical fiber 9 at the time of signal reception enters the inside of the microprism 3 from its reflection surface 3b and is made incident on the photodiode PD, by which the signal light is detected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the

[examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-234063

(43)公開日 平成8年(1996)9月13日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 02 B	6/42		G 02 B	6/42
	6/32			6/32
	6/34			6/34
H 01 L	31/0232		H 01 S	3/18
H 01 S	3/18		H 01 L	31/02 D
		審査請求 未請求 請求項の数20 FD (全9頁) 最終頁に統ぐ		

(21)出願番号 特願平7-348836

(22)出願日 平成7年(1995)12月19日

(31)優先権主張番号 特願平6-334382

(32)優先日 平6(1994)12月19日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 田中 清嗣

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72)発明者 尾崎 孝

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

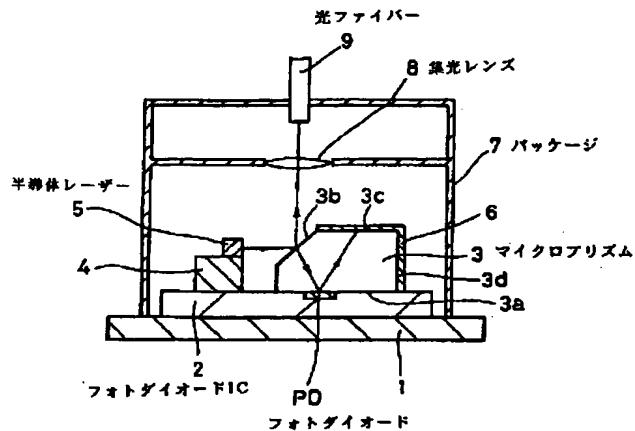
(74)代理人 弁理士 杉浦 正知

(54)【発明の名称】 送受信光モジュール

(57)【要約】

【目的】 小型化が可能で耐環境性、耐経時変化、耐雑音性、量産性などにも優れた送受信光モジュールを提供する。

【構成】 マイクロプリズム3とフォトダイオード4上に半導体レーザー5を載せたL O PチップとをマウントしたフォトダイオードI C 2を入出力ラインが形成されたセラミック基板1上にマウントし、パッケージ7により封止する。パッケージ7には集光レンズ8を取り付け、光ファイバー9を接続する。送信時には、半導体レーザー5から出射される信号光をマイクロプリズム3の反射面3 bで反射させて光ファイバー9の端面に入射させる。受信時には、光ファイバー9の端面から出射される信号光がマイクロプリズム3の反射面3 bからその内部に入り、フォトダイオードP Dに入射して検出される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基体と、
上記基体上に設けられた発光素子および受光素子と、
上記受光素子上に設けられたプリズムと、
送信信号光または受信信号光を集光するための集光レンズとを有し、
上記集光レンズにその一端面が対向するように送受信用の光伝送線路が接続されることを特徴とする送受信光モジュール。

【請求項 2】 上記プリズムは、上記発光素子から出射される送信信号光を上記光伝送線路の上記一端面に入射させるとともに、上記光伝送線路の上記一端面から出射される受信信号光を上記受光素子に入射させるために用いられることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 3】 上記基体は高周波伝送線路を有する別の基体上に設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 4】 上記基体、上記発光素子、上記受光素子および上記プリズムはパッケージにより封止され、上記集光レンズは上記パッケージに取り付けられていることを特徴とする請求項 3 記載の送受信光モジュール。

【請求項 5】 上記基体は半導体基板であり、上記受光素子は上記半導体基板上に設けられたフォトダイオードであることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 6】 上記基体は半導体基板であり、上記受光素子は上記半導体基板上に積層された上記半導体基板のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する半導体膜からなるフォトダイオードであることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 7】 上記基体は S i 基板であり、上記受光素子は上記 S i 基板上に積層された S i_{1-x} G e_x 膜と S i 膜との多層膜からなるフォトダイオードであることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 8】 上記 S i_{1-x} G e_x 膜の厚さは臨界膜厚以下であることを特徴とする請求項 7 記載の送受信光モジュール。

【請求項 9】 上記 S i_{1-x} G e_x 膜において 0. 3 ≤ x ≤ 0. 7 であることを特徴とする請求項 7 記載の送受信光モジュール。

【請求項 10】 上記 S i_{1-x} G e_x 膜において x = 0. 3 であることを特徴とする請求項 7 記載の送受信光モジュール。

【請求項 11】 上記基体は S i 基板であり、上記受光素子は上記 S i 基板上に順次積層された S i_{1-y} G e_y 膜および S i_{1-x} G e_x 膜からなるフォトダイオードであり、上記 S i_{1-x} G e_x 膜において 0. 3 ≤ x ≤ 1 であり、かつ、上記 S i_{1-y} G e_y 膜における y の値は上記 S i 基板と上記 S i_{1-y} G e_y 膜との界面における 0

から上記 S i_{1-x} G e_x 膜と上記 S i_{1-y} G e_y 膜との界面における x まで単調に増加していることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 12】 上記基体は S i 基板であり、上記受光素子は上記 S i 基板上に順次積層された S i_{1-y} G e_y 膜および S i_{1-x} G e_x 膜からなるフォトダイオードであり、上記 S i_{1-x} G e_x 膜において 0. 6 ≤ x ≤ 1 であり、かつ、上記 S i_{1-y} G e_y 膜における y の値は上記 S i 基板と上記 S i_{1-y} G e_y 膜との界面における 0 から上記 S i_{1-x} G e_x 膜と上記 S i_{1-y} G e_y 膜との界面における x まで単調に増加していることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 13】 上記基体は S i 基板であり、上記受光素子は上記 S i 基板上に順次積層された S i_{1-y} G e_y 膜および S i_{1-x} G e_x 膜からなるフォトダイオードであり、上記 S i_{1-x} G e_x 膜において x = 0. 8 であり、かつ、上記 S i_{1-y} G e_y 膜における y の値は上記 S i 基板と上記 S i_{1-y} G e_y 膜との界面における 0 から上記 S i_{1-x} G e_x 膜と上記 S i_{1-y} G e_y 膜との界面における x まで単調に増加していることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 14】 上記基体は G a A s 基板であり、上記受光素子は上記 G a A s 基板上に積層された G e 膜からなるフォトダイオードであることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 15】 上記 G e 膜上には G a A s からなるキャップ層が設けられていることを特徴とする請求項 14 記載の送受信光モジュール。

【請求項 16】 上記発光素子は半導体レーザーであることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 17】 上記光伝送線路は光ファイバーであることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 18】 上記基体上に一つの上記受光素子が設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 19】 上記基体上に複数の上記受光素子が設けられ、これらの複数の上記受光素子にそれぞれ受信信号光が入射するように構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【請求項 20】 受信専用の光伝送線路がさらに接続されることを特徴とする請求項 1 記載の送受信光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、送受信光モジュールに関し、特に、双方向光通信に用いて好適なものである。

【0002】

【従来の技術】近年、いわゆる情報スーパーハイエー構想など、マルチメディアに対する期待が高まってきて

おり、その実現を目指して研究開発が活発に行われている。そして、このマルチメディアの発展により、一家庭に一本以上の光ファイバーが接続され、この光ファイバーを通して双方向光通信を行うことができる時代が、近い将来到来するものと考えられている。ところで、このときには、コストの面から、一本の光ファイバーにより送受信を行うことができる送受信光モジュールが必須となる。

【0003】従来、この種の送受信光モジュールとして、ホログラムを用いたものが知られている（例えば、特開平5-203845号公報および特開平6-138322号公報）。図7にこの従来の送受信光モジュールの概略構成を示す。図7に示すように、この従来の送受信光モジュールにおいては、支持台101上に発光素子102および受光素子103が設けられている。これらの発光素子102および受光素子103はパッケージ104により封止されている。このパッケージ104のうち発光素子102の上方の部分に、樹脂系の接着剤を用いてホログラム105が取り付けられている。符号106はパッケージ104に対して固定された集光レンズを示す。この送受信光モジュールには、集光レンズ106にその一端面が対向するように光ファイバー107が接続される。そして、送信時には、発光素子102から出射される送信信号光がホログラム105および集光レンズ106を介して光ファイバー107の一端面に入射し、この光ファイバー107を通して送信信号光が受信側に送られる。一方、受信時には、光ファイバー107の一端面から出射された受信信号光が集光レンズ106により集光された後、ホログラム105により回折されて受光素子103に入射する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来の送受信光モジュールにおいては、発光素子102と受光素子103との間で光分離を行うために、具体的には、ホログラム105を通った受信信号光が受光素子103に入射し、発光素子102には入射しないようにするために、ホログラム105と発光素子102および受光素子103とを一定距離離す必要があることにより、その小型化には限界がある。

【0005】また、このようにホログラム105と発光素子102および受光素子103とを一定距離離す必要があるため、ホログラム105と発光素子102および受光素子103とを一体形成するのが難しく、したがって上述のようにホログラム105をパッケージ104に接着剤を用いて取り付ける必要が生じることになるわけであるが、この場合には、耐環境性が悪く、経時変化も問題となる。

【0006】さらに、送信時には、発光素子102から出射される送信信号光の一部がホログラム105で反射されることにより、その反射光が雑音の原因となってしま

うという問題もある。

【0007】したがって、この発明の目的は、小型化が可能で耐環境性、耐経時変化、耐雑音性、量産性などにも優れた送受信光モジュールを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明による送受信光モジュールは、基体と、基体上に設けられた発光素子および受光素子と、受光素子上に設けられたプリズムと、送信信号光または受信信号光を集光するための集光レンズとを有し、集光レンズにその一端面が対向するように送受信用の光伝送線路が接続されることを特徴とするものである。

【0009】この発明において、プリズムは、発光素子から出射される送信信号光を光伝送線路の一端面に入射させるとともに、光伝送線路の一端面から出射される受信信号光を受光素子に入射させるために用いられる。

【0010】この発明において、典型的には、基体は半導体基板であり、受光素子はこの半導体基板上に設けられたフォトダイオードである。このフォトダイオードは、半導体基板の一部からなるものであってもよいが、長波長の受信信号光を受光する場合には、この半導体基板上に積層されたこの半導体基板のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する半導体膜からなるものとするのが有効である。この半導体基板としては、具体的には、例えばSi基板やGaAs基板などが用いられる。また、この半導体基板には、通常、フォトダイオードのほか、增幅回路などの電子回路が設けられる。

【0011】この発明の一実施形態においては、基体はSi基板であり、受光素子はこのSi基板上に積層されたSi_{1-x}Ge_x膜とSi膜との多層膜からなるフォトダイオードである。ここで、このSi_{1-x}Ge_x膜は、Si基板およびSi膜と格子整合しないことから、この格子不整合によりSi基板とこのSi_{1-x}Ge_x膜との界面またはSi膜とこのSi_{1-x}Ge_x膜との界面に転位が導入されるのを防止するため、このSi_{1-x}Ge_x膜の厚さは、その臨界膜厚以下に選ばれる。このSi_{1-x}Ge_x膜の臨界膜厚は、Ge組成比xが大きくなるほど小さくなる。このSi_{1-x}Ge_x膜におけるGe組成比xは、長波長の受信信号光の受光を可能とし、かつ成膜を簡単に行うために、受信信号光の波長が例えば1.3μmである場合には好適には0.3≤x≤0.7、具体的には例えば0.3に選ばれ、受信信号光の波長が例えば1.55μmである場合には好適には0.6≤x≤0.7、具体的には例えば0.6に選ばれる。

【0012】この発明の他の一実施形態においては、基体はSi基板であり、受光素子はこのSi基板上に順次積層されたSi_{1-y}Ge_y膜およびSi_{1-x}Ge_x膜からなるフォトダイオードであり、Si_{1-x}Ge_x膜において0.6≤x≤1であり、かつ、Si_{1-y}Ge_y膜におけるyの値はSi基板とSi_{1-y}Ge_y膜との界面に

おける0から $Si_{1-x}Ge_x$ 膜と $Si_{1-y}Ge_y$ 膜との界面におけるxまで単調に増加している。この場合には、もっぱら上層の $Si_{1-x}Ge_x$ 膜が光吸収層として用いられる。この実施形態は、受信信号光の波長が例えば $1.3\mu m$ である場合に好適なものである。

【0013】この発明のさらに他の一実施形態においては、基体はSi基板であり、受光素子はこのSi基板上に順次積層された $Si_{1-y}Ge_y$ 膜および $Si_{1-x}Ge_x$ 膜からなるフォトダイオードであり、 $Si_{1-x}Ge_x$ 膜において $0.7 \leq x \leq 1$ であり、かつ、 $Si_{1-y}Ge_y$ 膜におけるyの値はSi基板と $Si_{1-y}Ge_y$ 膜との界面における0から $Si_{1-x}Ge_x$ 膜と $Si_{1-y}Ge_y$ 膜との界面におけるxまで単調に増加している。この場合にも、もっぱら上層の $Si_{1-x}Ge_x$ 膜が光吸収層として用いられる。この実施形態は、受信信号光の波長が例えば $1.55\mu m$ である場合に好適なものである。 $Si_{1-x}Ge_x$ 膜におけるxは、より具体的には例えば0.8に選ばれる。

【0014】この発明のさらに他の一実施形態においては、基体はGaAs基板であり、受光素子はこのGaAs基板上に積層されたGe膜からなるフォトダイオードである。このGe膜上には、このGe膜におけるキャリアの表面再結合を抑え、受光効率を高くするために、好適にはGaAsからなるキャップ層が設けられる。

【0015】この発明の典型的な一実施形態において、基体は高周波伝送線路を有する別の基体上に設けられる。この高周波伝送線路を有する基体は、具体的には、例えばマイクロストリップ線路を有するセラミック基板などである。

【0016】この発明において、典型的には、基体、発光素子、受光素子およびプリズムはパッケージにより封止され、集光レンズはこのパッケージに取り付けられる。

【0017】この発明において、発光素子は典型的には半導体レーザーである。また、光伝送線路は典型的には光ファイバーである。

【0018】この発明の一実施形態においては、基体上に一つの受光素子が設けられる。この場合、送受信光モジュールは1入力型である。

【0019】この発明の他の一実施形態においては、基体上に複数の受光素子が設けられ、これらの複数の受光素子にそれぞれ受信信号光が入射するように送受信光モジュールが構成される。この場合、送受信光モジュールは複数入力型である。

【0020】この発明のさらに他の一実施形態においては、送受信用の光伝送線路に加えて受信専用の光伝送線路がさらに接続される。この受信専用の光伝送線路を用いて受信することは、大量の情報を高速で受信するのに好適である。

【0021】上述のように構成されたこの発明による送

受信光モジュールによれば、基体上にプリズムとともに発光素子および受光素子が一体形成されていることにより、その小型化が可能であるとともに、耐環境性、耐経時変化、量産性などに優れている。また、ホログラムを用いていないので、ホログラムによる送信信号光の反射の問題がなく、耐雑音性にも優れている。

【0022】さらに、受光素子が、Si基板上に積層された $Si_{1-x}Ge_x$ 膜とSi膜との多層膜からなるフォトダイオード、Si基板上に順次積層された $Si_{1-y}Ge_y$ 膜および $Si_{1-x}Ge_x$ 膜からなるフォトダイオードまたはGaAs基板上に積層されたGe膜からなるフォトダイオードである場合には、波長が $1.3\mu m$ または $1.55\mu m$ の受信信号光を受光することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0024】図1はこの発明の第1の実施形態による送受信光モジュールを示す。

【0025】図1に示すように、この第1の実施形態による送受信光モジュールにおいては、例えば出入力ラインとしての高速デジタル通信用マイクロストリップ線路(図示せず)が形成されたセラミック基板1上にフォトダイオードIC2がマウントされている。このフォトダイオードIC2は、光信号検出用のフォトダイオードPDのほか、後述の半導体レーザー5の駆動回路や受信增幅回路(図示せず)などが例えばSi基板やGaAs基板上にIC化されたものである。

【0026】フォトダイオードIC2上には、例えば光学ガラスからなるマイクロプリズム3がフォトダイオードPDを覆うようにマウントされているとともに、フォトダイオード4上に半導体レーザー5を載せたLOP(Laser on Photodiode)チップがこのマイクロプリズム3に隣接してマウントされている。この場合、マイクロプリズム3は、例えばエポキシ樹脂系接着剤やシリコーン樹脂系接着剤などによりフォトダイオードIC2上に接着されている。一方、LOPチップは、フォトダイオードIC2上に設けられた所定のダイパッド(図示せず)上にフォトダイオード4をダイボンディングすることによりマウントされている。フォトダイオード4は例えばSiチップからなる。半導体レーザー5としては、送信信号光の波長に応じたものが用いられ、例えばGaAs/A1GaAs半導体レーザーが用いられる。なお、フォトダイオード4は、半導体レーザー5のリア側の端面からの光出力をモニターし、それによってフロント側の端面からの光出力を制御するためのものである。このフォトダイオード4はまた、半導体レーザー5は通常その接合が下側にくるようにマウントされることから、この半導体レーザー5から出射されるレーザー光が

フォトダイオードIC2の表面で反射されて雑音光となるのを防止するために、半導体レーザー5をフォトダイオードIC2の表面から十分に高い所に位置させる役割も有する。

【0027】マイクロプリズム3は、その底面3aに対して所定角度、例えば45°傾斜した反射面3bを有する。図示は省略するが、この反射面3b上には、例えば誘電体多層膜からなる反射率が例えば50%程度のハーフミラーが設けられている。また、このマイクロプリズム3の上面3cおよび半導体レーザー5と反対側の端面3dは光吸収膜6により覆われており、この光吸収膜6により雑音光となる迷光を吸収することができるようになっている。

【0028】符号7はパッケージを示す。このパッケージ7により、フォトダイオードIC2、マイクロプリズム3およびLOPチップが封止されている。このパッケージ7としては、例えば、樹脂モールドパッケージ、セラミックパッケージ、金属パッケージ、アクリル樹脂パッケージなどを用いることができる。

【0029】さらに、パッケージ7のうちマイクロプリズム3の反射面3bの上方の部分には、送信信号光または受信信号光を集光するための集光レンズ8が設けられている。

【0030】この第1の実施形態による送受信光モジュールにおいては、集光レンズ8にその一端面が対向するように光ファイバー9がパッケージ7に接続されている。

【0031】次に、上述のように構成されたこの第1の実施形態による送受信光モジュールの動作について説明する。

【0032】まず、送信時には、伝送する信号に応じて半導体レーザー5を駆動することによりこの半導体レーザー5から信号光を射出させる。この信号光は、マイクロプリズム3の反射面3b上のハーフミラーで反射され、集光レンズ8により集光された後、光ファイバー9の一端面に入射し、この光ファイバー9を通って受信側に送信される。なお、半導体レーザー5から射出された信号光のうちマイクロプリズム3の反射面3b上のハーフミラーを透過してマイクロプリズム3の内部に進んだ光は光吸収膜6に当たって吸収される。

【0033】一方、受信時には、送信側から光ファイバー9を通して送信された信号光がこの光ファイバー9の一端面から射出される。この信号光は集光レンズ8により集光された後、マイクロプリズム3の反射面3b上のハーフミラーを透過してこのマイクロプリズム3の内部に入り、フォトダイオードPDに入射して電気信号に変換される。このとき、このフォトダイオードPDの表面で反射された光は光吸収膜6に当たって吸収されることにより、雑音光とはならない。また、マイクロプリズム3の反射面3bは光ファイバー9に対して45°傾斜し

ているため、光ファイバー9への戻り光はほとんどない。

【0034】以上のように、この第1の実施形態によれば、フォトダイオードPDが設けられたフォトダイオードIC2上に、マイクロプリズム3とともにフォトダイオード4および半導体レーザー5からなるLOPチップが一体形成されている。これによって、この第1実施例による送受信光モジュールは、ホログラムを用いた上述の従来の送受信光モジュールに比べて、小型化が可能であり、耐環境性、耐経時変化、量産性などにも優れている。また、雑音光となる迷光がほとんどないので、耐雑音性にも優れている。

【0035】図2はこの発明の第2の実施形態による送受信光モジュールを示す。この第2の実施形態による送受信光モジュールは、1出力3入力型のものである。

【0036】図2に示すように、この第2の実施形態による送受信光モジュールにおいては、フォトダイオードIC2上に三つのフォトダイオードPD1、PD2およびPD3が設けられ、これらのフォトダイオードPD1、PD2およびPD3を覆うようにマイクロプリズム3が接着されてマウントされている。また、マイクロプリズム3のLOPチップと反対側の端面3dには光吸収膜6が設けられ、上面3cには全反射膜10が設けられている。この第2の実施形態による送受信光モジュールの上記以外の構成は第1の実施形態による送受信光モジュールと同様であるので、説明を省略する。

【0037】この第2の実施形態による送受信光モジュールにおいては、送信は、第1の実施形態による送受信光モジュールの場合と同様に行う。一方、受信時には、光ファイバー9の一端面から射出された信号光は集光レンズ8により集光された後、マイクロプリズム3の反射面3b上のハーフミラーを透過してこのマイクロプリズム3の内部に入り、フォトダイオードPD1に入射する。この信号光はさらに、フォトダイオードPD1の表面で反射された後、全反射膜10で反射されてフォトダイオードPD2に入射する。このフォトダイオードPD2の表面で反射された信号光は全反射膜10で反射され、フォトダイオードPD3に入射する。すなわち、この場合、三つのフォトダイオードPD1、PD2およびPD3のそれぞれに入力となる信号光が入射するようになっている。ここで、フォトダイオードPD1上に反射率が66.6%のハーフミラーを設け、フォトダイオードPD2上に反射率が50%のハーフミラーを設けることにより、これらのフォトダイオードPD1、PD2およびPD3に入射する信号光の強度を同一とすることができる。したがって、これらのフォトダイオードPD1、PD2およびPD3では、同一強度の信号光が同時に検出される。なお、フォトダイオードPD3の表面で反射された信号光は、最終的には光吸収膜6に当たって吸収される。

【0038】この第2の実施形態によれば、第1の実施形態と同様に、小型化が可能で耐環境性、耐経時変化、耐雑音性、量産性などにも優れた送受信光モジュールを実現することができる。

【0039】図3はこの発明の第3の実施形態による送受信光モジュールを示す。

【0040】図3に示すように、この第3の実施形態による送受信光モジュールにおいては、フォトダイオードIC2に二つのフォトダイオードPD1およびPD2が設けられており、これらのフォトダイオードPD1およびPD2を覆うようにマイクロプリズム3が接着されてマウントされている。マイクロプリズム3の上面3cおよび端面3dが光吸収膜6により覆われていることは、第1の実施形態と同様である。

【0041】この第3の実施形態においては、送受信用の光ファイバー9に加えて、受信専用の光ファイバー11がパッケージ7に接続されている。この受信専用の光ファイバー11の一端面は、パッケージ7に取り付けられた集光レンズ12を介してマイクロプリズム3の反射面3bと対向している。

【0042】この第3の実施形態による送受信光モジュールにおいては、送信は、第1の実施形態による送受信光モジュールと同様に行う。一方、受信は、送受信用の光ファイバー9を用いて行う方法と受信専用の光ファイバー11を用いて行う方法がある。前者の方法においては、光ファイバー9の一端面から出射された信号光は、集光レンズ8を介してマイクロプリズム3の反射面3b上のハーフミラーに入射し、これを透過してマイクロプリズム3の内部に入った後、フォトダイオードPD1に入射して電気信号に変換される。この受信方法は、第1の実施形態による送受信光モジュールと同様である。一方、後者の方法においては、光ファイバー11の一端面から出射された信号光は、集光レンズ12を介してマイクロプリズム3の反射面3b上のハーフミラーに入射し、これを透過してこのマイクロプリズム3の内部に入った後、フォトダイオードPD2に入射して電気信号に変換される。

【0043】この第3の実施形態によれば、第1の実施形態と同様な種々の利点に加えて、次のような利点を得ることができる。すなわち、この第3の実施形態においては、送受信用の光ファイバー9に加えて受信専用の光ファイバー11が設けられていることにより、この受信専用の光ファイバー11を用いて、大量の情報を高速で受信することができる。

【0044】次に、この発明の第4の実施形態について説明する。この第4の実施形態においては、第1、第2および第3の実施形態による送受信光モジュールにおけるフォトダイオードPD、PD1、PD2およびPD3の具体的な構造の一例について説明する。

【0045】図4はこの第4の実施形態によるフォトダ

イオードを示す。

【0046】図4に示すように、この第4の実施形態によるフォトダイオードにおいては、Si基板からなるフォトダイオードIC2の受光領域上に、Si_{0.7}Ge_{0.3}膜21aとSi膜21bとを交互に積層したSi_{0.7}Ge_{0.3}/Si多層膜21が設けられている。このSi_{0.7}Ge_{0.3}/Si多層膜21は、例えば分子線エピタキシー(MBE)法により成膜され、好適には例えば500~550°C程度の低温でのMBE法により成膜される。

【0047】この場合、Si_{0.7}Ge_{0.3}膜21aは、フォトダイオードIC2を構成するSi基板およびSi膜21bと格子整合しないことから、この格子不整合によりSi基板とSi_{0.7}Ge_{0.3}膜21aとの界面またはSi膜22とSi_{0.7}Ge_{0.3}膜21aとの界面に転位が導入されるのを防止するため、このSi_{0.7}Ge_{0.3}膜21aの厚さはその臨界膜厚以下に選ばれる。このSi_{0.7}Ge_{0.3}膜21aの臨界膜厚は、上述のような低温MBE法により成膜を行う場合には、100nm程度である。また、この場合、Si_{0.7}Ge_{0.3}膜21aが光吸収層となるが、フォトダイオードの受光効率を実用上十分に高くするためには、Si_{0.7}Ge_{0.3}/Si多層膜21のすべてのSi_{0.7}Ge_{0.3}膜21aの合計の厚さを十分に大きくする必要がある。具体的には、このSi_{0.7}Ge_{0.3}/Si多層膜21におけるSi_{0.7}Ge_{0.3}膜21aを例えば10層とし、Si_{0.7}Ge_{0.3}膜21aの合計の厚さを1000nm程度とする。

【0048】この第4の実施形態によるフォトダイオードによれば、次のような利点が得られる。すなわち、いま、光通信(幹線系)に用いられる波長1.3μmの受信信号光を受光する場合を考える。この場合、フォトダイオードIC2をSi基板により構成し、このSi基板の一部によりフォトダイオードを構成しても、Siのバンドギャップが1.3μmの波長に対して大きいことにより、このSiからなるフォトダイオードで波長1.3μmの受信信号光を受光することはできない。これに対し、この第4の実施形態においては、フォトダイオードIC2を構成するSi基板上に上述のように積層されたSi_{0.7}Ge_{0.3}/Si多層膜21のSi_{0.7}Ge_{0.3}膜21aは、そのバンドギャップがフォトダイオードIC2を構成するSi基板のバンドギャップよりも小さく、波長1.3μmの光に対して光吸収層となるため、波長1.3μmの受信信号光を受光することができる。

【0049】次に、この発明の第5の実施形態について説明する。この第5の実施形態においては、第1、第2および第3の実施形態による送受信光モジュールにおけるフォトダイオードPD、PD1、PD2およびPD3の具体的な構造の他の例について説明する。

【0050】図5はこの第5の実施形態によるフォトダ

イオードを示す。

【0051】図5に示すように、この第5の実施形態によるフォトダイオードにおいては、Si基板からなるフォトダイオードIC2の受光領域上にSi_{1-y}Ge_y膜22およびSi_{0.2}Ge_{0.8}膜23が順次積層されている。これらのSi_{1-y}Ge_y膜22およびSi_{0.2}Ge_{0.8}膜23は、例えばMBE法により成膜され、好適には例えば500～550°C程度の低温でのMBE法により成膜される。

【0052】この場合、Si_{1-y}Ge_y膜22はいわゆるグレーディッド層であり、そのGe組成比yの値は、フォトダイオードIC2を構成するSi基板とこのSi_{1-y}Ge_y膜22との界面における0から、Si_{0.2}Ge_{0.8}膜23とこのSi_{1-y}Ge_y膜22との界面における0.8まで、単調に（例えば直線的に）増加している。ここで、フォトダイオードIC2を構成するSi基板との界面におけるSi_{1-y}Ge_y膜22のyの値は0であるため、この界面におけるSi_{1-y}Ge_y膜22はSi膜となり、したがってこの界面においてはSi_{1-y}Ge_y膜22はSi基板と格子整合している。また、Si_{0.2}Ge_{0.8}膜23との界面におけるSi_{1-y}Ge_y膜22のyの値は0.8であるため、この界面におけるSi_{1-y}Ge_y膜22はSi_{0.2}Ge_{0.8}膜となり、したがってこの界面においてはSi_{1-y}Ge_y膜22はSi_{0.2}Ge_{0.8}膜23と格子整合している。

【0053】この第5の実施形態において、グレーディッド層であるSi_{1-y}Ge_y膜22のうちのフォトダイオードIC2を構成するSi基板との界面近傍の部分には、通常、転位24が発生する。これに対し、上述のようにSi_{0.2}Ge_{0.8}膜23とSi_{1-y}Ge_y膜22とは格子整合していることから、このSi_{0.2}Ge_{0.8}膜23には格子不整合による転位が導入されない。そこで、この転位がなく結晶性の良好なSi_{0.2}Ge_{0.8}膜23が光吸収層として用いられる。このSi_{0.2}Ge_{0.8}膜23は、転位の導入を防止するための臨界膜厚による厚さの制限がないため、その厚さを自由に選ぶことができる。このSi_{0.2}Ge_{0.8}膜23の厚さは、フォトダイオードの受光効率を十分に高くすることができる厚さ、具体的には例えば1000nm程度に選ばれる。

【0054】この第5の実施形態によるフォトダイオードによれば、次のような利点が得られる。すなわち、いま、光通信（幹線系）に用いられる波長1.55μmの受信信号光を受光する場合を考える。この場合、第4の実施形態において述べたと同様に、フォトダイオードIC2をSi基板により構成し、このSi基板の一部によりフォトダイオードを構成しても、Siのバンドギャップが1.55μmの波長に対して大きいことにより、このSiからなるフォトダイオードで波長1.55μmの受信信号光を受光することはできない。これに対し、この第5の実施形態においては、フォトダイオードIC2を構成するSi基板上に構成するSi_{1-y}Ge_y膜22を介して積層されたSi_{0.2}Ge_{0.8}膜23は、そのバンドギャップがフォトダイオードIC2を構成するSi基板のバンドギャップよりも小さく、波長1.55μmの光に対して光吸収層となるため、波長1.55μmの受信信号光を受光することができる。

【0055】次に、この発明の第6の実施形態について説明する。この第6の実施形態においては、第1、第2および第3の実施形態による送受信光モジュールにおけるフォトダイオードPD、PD1、PD2およびPD3の具体的な構造のさらに他の例について説明する。

【0056】図6はこの第6の実施形態によるフォトダイオードを示す。

【0057】図6に示すように、この第6の実施形態によるフォトダイオードにおいては、GaAs基板からなるフォトダイオードIC2の受光領域上にGe膜25およびGaAsキャップ層26が順次積層されている。この場合、Ge膜25が光吸収層として用いられる。また、GaAsキャップ層26は、Ge膜25におけるキャリアの表面再結合を抑え、受光効率を高くするためのものである。

【0058】この第6の実施形態において、Ge膜25およびGaAsキャップ層26は、例えばMBE法により成膜され、好適には例えば500～550°C程度の低温でのMBE法により成膜される。ここで、GaAsとGeとは格子定数がほとんど一致しており、また、それらの熱膨張係数が広い温度範囲において極めて近い値を有するため、Ge膜25およびGaAsキャップ層26の結晶性は良好なものとすることができます。なお、GaAs基板上にGe膜を成長させる場合、成長中にGaAs基板中のGaとGeとが相互拡散し、Ge膜がp型化する現象が知られているが、この現象は、上述のように成膜を低温MBE法により行うことにより抑えることができる。

【0059】この第6の実施形態によるフォトダイオードによれば、次のような利点が得られる。すなわち、いま、光通信（幹線系）に用いられる波長1.3μmまたは1.55μmの受信信号光を受光する場合を考える。この場合、フォトダイオードIC2をGaAs基板により構成し、このGaAs基板の一部によりフォトダイオードを構成しても、GaAsのバンドギャップが1.3μmまたは1.55μmの波長に対して大きいことにより、このGaAsからなるフォトダイオードで波長1.3μmまたは1.55μmの受信信号光を受光することはできない。これに対し、この第6の実施形態においては、フォトダイオードIC2を構成するGaAs基板上に構成するGe膜24は、そのバンドギャップがフォトダイオードIC2を構成するGaAs基板のバンドギャップよりも小さいため、波長1.3μmまたは1.55μmの光に対して光吸収層となり、したがって波長

1. $3\text{ }\mu\text{m}$ または $1.55\text{ }\mu\text{m}$ の受信信号光を受光することができる。

【0060】以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0061】例えば、上述の実施形態において用いた数値や材料は例に過ぎず、必要に応じてこれと異なる数値や材料を用いててもよい。

【0062】また、上述の第3の実施形態においては、フォトダイオードIC2上に3個のフォトダイオードPD1、PD2およびPD3を設けているが、このフォトダイオードは出力の取り出し数に応じて4個以上設けてよい。

【0063】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、基体上にプリズムとともに発光素子および受光素子が一体形成されていることにより、小型化が可能で耐環境性、耐経時変化、耐雑音性、量産性などにも優れた送受信光モジュールを実現することができる。

【0064】また、基体としてSi基板やGaAs基板を用いる場合においても、光通信に用いられる波長 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ または $1.55\text{ }\mu\text{m}$ の受信信号光を受光することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施形態による送受信光モジュールを示す略線図である。

【図2】この発明の第2の実施形態による送受信光モジュールを示す略線図である。

【図3】この発明の第3の実施形態による送受信光モジュールを示す略線図である。

【図4】この発明の第4の実施形態によるフォトダイオードを示す断面図である。

【図5】この発明の第5の実施形態によるフォトダイオードを示す断面図である。

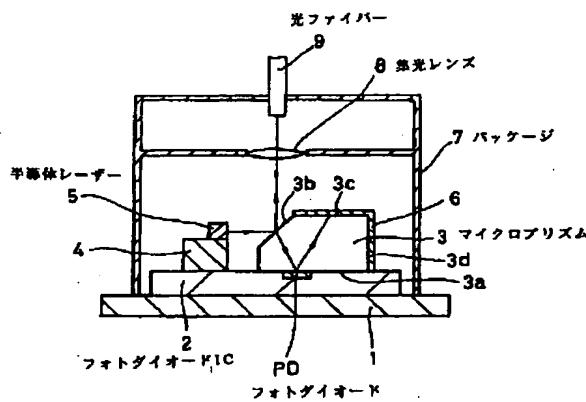
【図6】この発明の第6の実施形態によるフォトダイオードを示す断面図である。

【図7】従来の送受信光モジュールを示す略線図である。

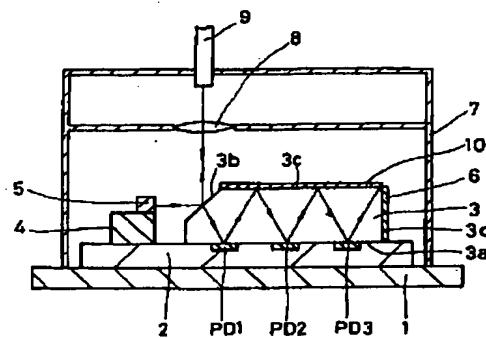
【符号の説明】

- 1 セラミック基板
- 2 フォトダイオードIC
- PD、PD1、PD2、PD3 フォトダイオード
- 3 マイクロプリズム
- 4 フォトダイオード
- 5 半導体レーザー
- 6 光吸収膜
- 7 パッケージ
- 8、12 集光レンズ
- 9、11 光ファイバー
- 10 全反射膜
- 21 Si_{0.7}Ge_{0.3} / Si多層膜
- 21a Si_{0.7}Ge_{0.3}膜21
- 21b Si膜
- 22 Si_{1-y}Ge_y膜
- 23 Si_{0.2}Ge_{0.8}膜23
- 25 Ge膜
- 26 GaAsキャップ層

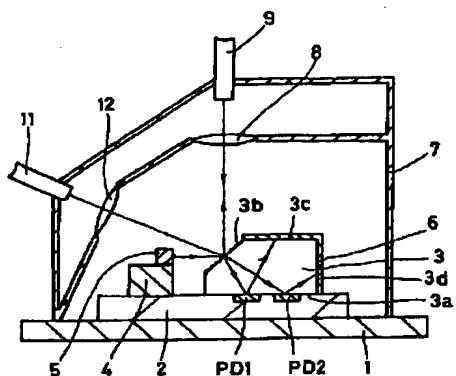
【図1】



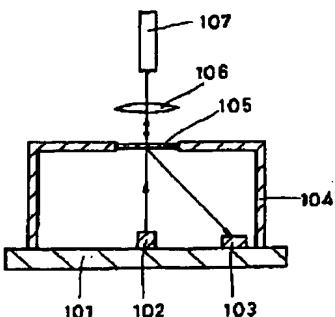
【図2】



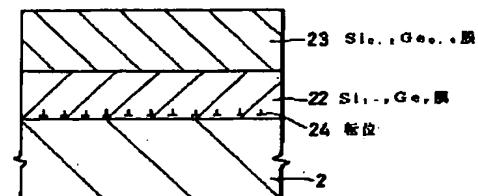
【図3】



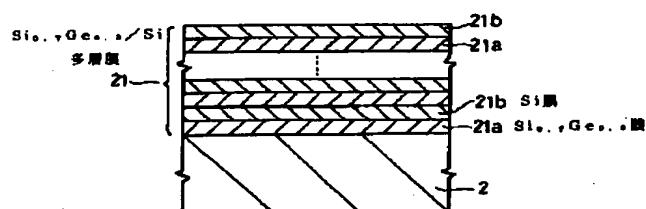
【図7】



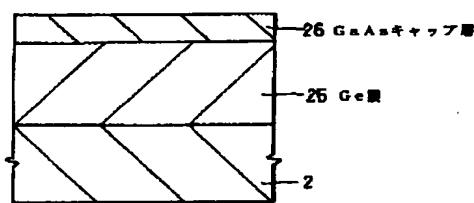
【図5】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.6

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 04 B 10/24

H 04 B 9/00

G